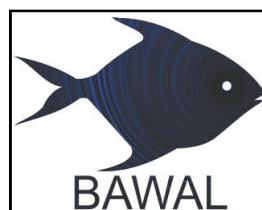


BAWAL. 8 (3) Desember 2016: 173-182

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/bawal>e-mail: [bawal.puslitbangkan@gmail.com](mailto:bawal.puslitbangkan@gmail.com)**BAWAL WIDYA RISET PERIKANAN TANGKAP**

Volume 8 Nomor 3 Desember 2016

p-ISSN: 1907-8226

e-ISSN: 2502-6410

Nomor Akreditasi: 620/AU2/P2MI-LIPI/03/2015



## KAJIAN KUALITAS PERAIRAN UNTUK PERIKANAN DI RAWA PENING JAWA TENGAH

### ASSESSMENT OF WATER QUALITY FOR FISHERIES IN RAWA PENING CENTRE OF JAVA

Siti Nurul Aida\* dan Agus Djoko Utomo

Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum, Jl. Beringin No. 8, Mariana, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

Teregistrasi I tanggal: 11 Juli 2014; Diterima setelah perbaikan tanggal: 13 Desember 2016;

Disetujui terbit tanggal: 19 Desember 2016

#### ABSTRAK

Perairan Rawa Pening merupakan tipe perairan yang tergenang dan mempunyai arti penting bagi perikanan. Masalah utama yang ada di Rawa Pening yaitu pendangkalan karena sedimentasi dan *eutrofikasi* yang disebabkan pencemaran air berasal dari limbah rumah tangga, pertanian dan budidaya perikanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesuburan perairan dan kualitas air di Rawa Pening. Penelitian dilakukan pada bulan Mei, Juni, Agustus dan Oktober 2013. Frekuensi pengambilan contoh dilakukan empat kali yaitu pada bulan Mei, Juni, Agustus dan Oktober. Stasiun pengamatan meliputi: A. Tengah (Puteran); B. Muara sungai (Torong); C. Area KJA; D. Pemotongan eceng Gondok (tengah 1); E. Sungai keluar (Tuntang); F. Muara sungai (Muncul); G. Tidak ada pemotongan eceng gondok (tengah 2). Data tingkat kesuburan perairan dianalisis dengan metode Carlon's. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rawa Pening termasuk katagori perairan dengan tingkat kesuburan tinggi, nilai *Trophic State Index* (TSI) pada semua stasiun pengamatan berkisar antara 57,22 - 68,06. Kondisi kualitas air yang kurang baik tersebut akan merugikan perikanan, seperti kejadian kematian ikan masal, lambatnya pertumbuhan ikan dan penurunan daya dukung perairan.

**Kata Kunci:** Kualitas air; tingkat kesuburan; Rawa Pening

#### ABSTRACT

*The Rawa Pening waters is a lentic water and has significance for fishery. The main problems in Rawa Pening are silting due to sedimentation and eutrophication due to water pollution from household waste, agriculture and fisheries. The study aims to examine trophic level and water quality. The research conducted on May, June, August and October 2013. There was 7 stations i.e. A. middle (Puteran); B. inlet of Torong; C. Location of aquaculture; D. locations where harvesting of water hyacinth occurred (middle1); E. outlet (Tuntang); F. inlet (Muncul); G. location where no harvest of water hyacinth (middle 2). Trophic level were analyzed by Carlon's method. The results showed that Rawa Pening waters categorized as the high eutrophication level where the Trophic State Index (TSI) was 57. 22 to 68. 06. The low water quality will be detrimental to fisheries, such as mass fish death, slow fish growth and also a decline of carrying capacity of ecosystem.*

**Keywords:** Water quality; trophic state; Rawa Pening

#### PENDAHULUAN

Rawa Pening luasnya 2. 020 ha merupakan danau alami yang dibendung untuk keperluan irigasi dengan 9 sungai yang bermuara ke Waduk (*inlet*) dan 1 sungai yang keluar (*outlet*) yaitu sungai Tuntang. Beberapa anak sungai yang masuk ke Rawa Pening antara lain Sub-DAS Galeh, Torong, Panjang, Legi, Parat, Sraten, Rengas, Kedung Ringin dan

Ringis. Rawa Pening berada di Kabupaten Semarang Jawa Tengah dibatasi oleh empat kecamatan yaitu Ambarawa, Tuntang, Bawen dan Banyubiru. Kawasan ini terletak pada posisi geografis antara 7°04'-7°30" LS dan 110°24'46"-110°49'06" BT (Dinas Peternakan dan Perikanan Kab. Semarang, 2007). Rawa Pening memiliki fungsi sebagai penyangga ekosistem dan menjadi habitat bagi beraneka ragam makhluk hidup (Reni, 2013 ). Pada saat ini telah

Korespondensi penulis:

e-mail: [idadbrpu@yahoo.com](mailto:idadbrpu@yahoo.com)

Telp. (0711) 7537194

berlangsung eksploitasi sumberdaya alam yang terus-menerus, sehingga perlu adanya konservasi sumberdaya alam (Balitbang Jateng, 2004)

Masalah utama yang ada di Rawa Pening yaitu pendangkalan yang disebabkan oleh sedimentasi dan *eutrofikasi* yang disebabkan pencemaran air. Sedimentasi dan limbah organik yang masuk ke Rawa Pening termasuk tinggi. Pendangkalan di *Rawa Pening* mencapai angka 778,93 ton per tahun dengan *volume* material sebanyak 29,7 juta meter (Soeprbowati *et al.*, 2010). Limbah organik berasal dari aktivitas manusia terutama dari limbah rumah tangga, pertanian dan perikanan yang mengakibatkan terjadinya eutrofikasi dan penurunan kualitas air. *Secara geologi tanah di Rawa Pening merupakan tanah gambut dan sumber sulfur (S) berasal dari bahan organik yang terdekomposisi mengeluarkan asam sulfat ( $H_2S$ ), sehingga perairan menjadi asam* (Sunarminto, 1980). Kondisi Rawa Pening telah banyak mengalami perubahan yang diindikasikan oleh berkembangnya tanaman akuatik yang sangat cepat, umumnya berkaitan dengan proses eutrofikasi. Pengkayaan unsur hara (*eutrofikasi*) dapat menyebabkan berkembangnya tanaman air, sehingga permukaan perairan tertutup eceng gondok mencapai 70 % (Dinas Peternakan dan Perikanan Kab. Semarang, 2007). Penutupan permukaan oleh tumbuhan air semakin besar persentasenya terutama pada musim kemarau. Banyaknya sedimen yang terperangkap akar tanaman eceng gondok dan akumulasi serasah eceng gondok di dasar perairan dapat menyebabkan pendangkalan (Soeprbowati & Suedy, 2010).

Polutan berasal dari limbah pertanian dan domestik banyak mengandung unsure N dan P yang akan menyebabkan *eutrofikasi*. Akumulasi bahan organik dari sungai-sungai yang mengalir ke Rawa Pening menyebabkan kandungan bahan organik menjadi tebal, perombakan bahan organik didasar perairan Rawa Pening sangat lambat (Balitbang Jateng, 2004). Perairan eutrofik memiliki kandungan unsur hara yang tinggi, perairan dangkal, tumbuhan lithoral melimpah, kepadatan fitoplankton tinggi, sering terjadi *blooming* alga dengan tingkat penetrasi cahaya matahari umumnya rendah (Goldman & Horne, 1989., Henderson & Markland 1987). Pencemaran dan pendangkalan telah menyebabkan perubahan struktur komunitas ikan Wader Ijo (*Osteochilus hasselti*) yang dahulu banyak terdapat di Rawa Pening sekarang sulit didapatkannya. Pencemaran dan

pendangkalan juga menyebabkan fungsi ekosistem perairan, perekonomian dan kesehatan masyarakat terganggu (Utomo, *et al.*, 2014).

Sebagian besar masyarakat di sekitar Rawa Pening kegiatannya didominasi oleh perikanan tangkap dengan jumlah nelayan 1. 650 RTP dan produksi hasil tangkapan 1. 000 – 1. 200 ton/tahun (Dinas Peternakan dan perikanan kab. Semarang, 2007). Sehingga apabila terjadi penurunan kualitas air maka akan berdampak pada hasil tangkapan nelayan. Rawa Pening juga merupakan sumber air bersih untuk keperluan sehari-hari oleh masyarakat, sehingga bila terjadi penurunan kualitas air akan berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat (Irianto & Triweko, 2011). Kajian tentang kualitas perairan di Rawa Pening diharapkan dapat memberikan masukan bagi dasar pengelolaan sumber daya perairan dan perikanan.

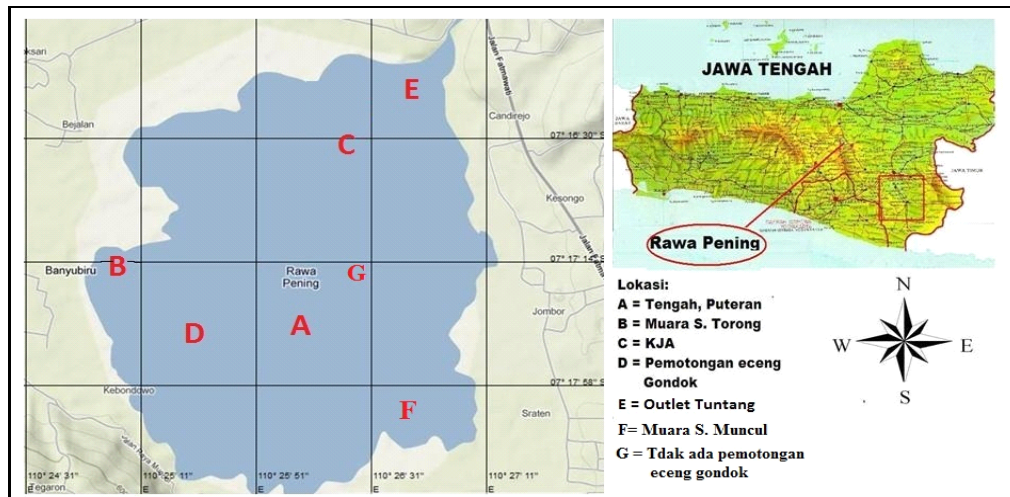
## BAHATAN METODE

### Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di perairan Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah, pada bulan Mei hingga Oktober 2013. Pengambilan contoh di lapangan dilakukan pada bulan Mei, Juni, Agustus dan Oktober. Pengamatan dilakukan pada tujuh stasiun yang mewakili perairan yaitu: A) Perairan tengah (Puteran): Perairan tengah yang banyak terdapat eceng gondok, B). Muara S. Torong (*inlet* Torong): tempat pertemuan sungai torong masuk ke perairan danau Rawa Pening, C). KJA: Perairan tempat budidaya ikan di karamba, D). Perairan tengah tempat pemotongan eceng gondok (Tengah 1), E) *Out let* Tuntang: Perairan yang dekat pintu keluar waduk ke sungai Tuntang. F). Muara S. Muncul (*inlet* Muncul) : tempat pertemuan sungai muncul masuk ke perairan danau Rawa Pening , G). Perairan tengah tidak ada pemotongan eceng gondok (Tengah 2): Perairan tengah dan tidak terdapat eceng gondok (Gambar 1).

### Parameter yang Diamati

Parameter kualitas air yang diamati meliputi suhu, TDS, TSS, oksigen terlarut, kecerahan, kekeruhan, P-total, Clorophyll-a (Tabel 1). Pemeriksaan kualitas air untuk oksigen dan suhu, secara *in situ* diukur tiap perbedaan kedalaman 1 m mulai dari lapisan permukaan hingga dasar perairan. Metoda analisis kualitas air berdasarkan APHA (1986).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di perairan Rawa Pening.  
 Picture 1. Map of research location at Rawa Pening.

Tabel 1. Parameter dan metode analisis

Table 1. Parameters and analysis methods

Parameter/Parameters	Satuan/ Unit	Metode dan peralatan/ Equipment and Methods
1. Suhu	°C	Insitu. Termometer
2. TDS	mg/L	Insitu. TDS meter
3. TSS	mg/L	Metode gravimetric
4. Oksigen terlarut	mg/L	Insitu. Do-meter
5. Kecerahan	cm	Insitu. Secchi disk
6. Kekeruhan	NTU	Spectrophotometric
7. P- total	mg/L	Vanadate molybdate, spectrophotometric
8. Chlorophyll-a	µg/L	Spectrophotometric

#### Analisis Data

Untuk menggambarkan kualitas air di perairan Rawa Pening, dilakukan analisis deskriptif berupa tabulasi data grafik berdasarkan lokasi dan kedalaman perairan. Tingkat kesuburan perairan dianalisis menggunakan metoda index status trofik /*trophic state index* (TSI) berdasarkan Carlson's 1977 dalam Prasad & Siddraju (2012) dengan rangkaian rumus sebagai berikut :

- 1)  $TSI-TP = 14,42 * \ln [TP] + 4,15$ , di mana TP = total P dalam satuan  $\mu\text{g/L}$
- 2)  $TSI-SD = 60 - 14,41 * \ln [SD]$ , di mana SD = kecerahan air dalam meter
- 3)  $TSI-Chl = 30,6 + 9,81 * \ln [Chl]$ , di mana Chl = klorofil-a dalam satuan  $\mu\text{g/L}$
- 4)  $Rataan\ TSI = (TSI-TP + TSI-SD + TSI-Chl) / 3$

Tabel 2. Kategori status trofik berdasarkan Indeks Status Trofik Carlson

Table 2. Trophic status category based on the Trophic Status Index' Carlson

Skor/ Score	Status Trofik/ Trophic Status	Keterangan/ Remarks
< 30	Ultraoligotrofik	Kesuburan perairan sangat rendah. Air jernih, konsentrasi oksigen terlarut tinggi sepanjang tahun dan mencapai lapisan hypolimnion.
30 – 40	Oligotrofik	Kesuburan perairan rendah, air jernih. Pada saat musim panas pada danau yang dangkal dimungkinkan adanya pembatasan anoksik pada lapisan hypolimnetik secara periodik.
40 – 50	Mesotrofik	Kesuburan perairan sedang. Kecerahan air sedang, peningkatan perubahan sifat anoksik di zona hypolimnetik selama musim panas.
50 – 60	Eutrofik ringan	Kesuburan perairan tinggi. Penurunan kecerahan air, zona hypolimnetik bersifat anoksik, mulai terjadi masalah tanaman air, hanya ikan-ikan yang bertoleransi terhadap air hangat.

60 – 70	Eutrofik sedang	Kesuburan perairan tinggi. Didominasi oleh algae hijau-biru, terjadi penggumpalan algae, masalah tanaman air sudah ekstensif.
70 – 80	Eutrofik berat	Kesuburan perairan tinggi. Terjadi <i>blooming algae</i> berat sepanjang musim panas, seperti kondisi hypereutrofik.
> 80	Hype reutrofik	Kesuburan perairan sangat tinggi. Terjadi gumpalan algae, sering terjadi kematian ikan pada saat musim panas.

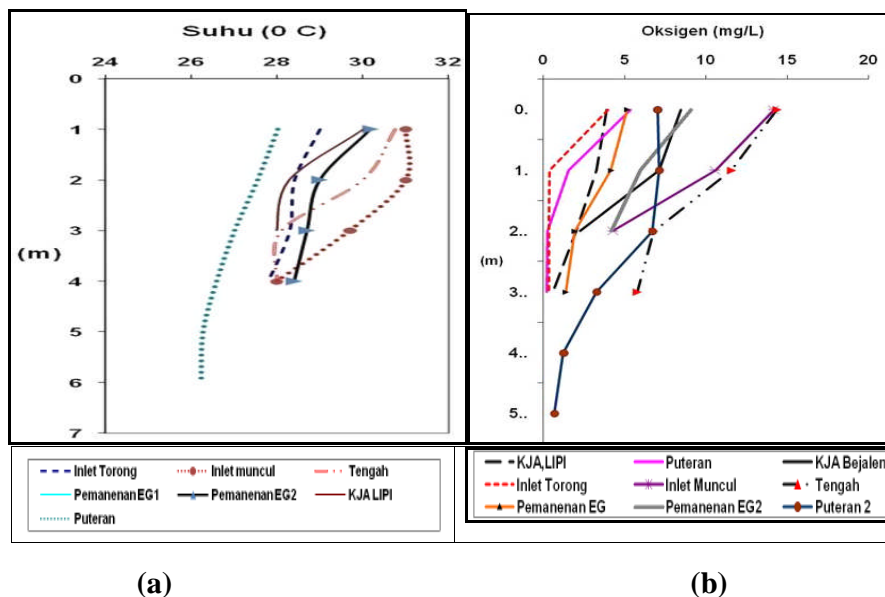
## HASIL DAN BAHASAN

### Hasil

#### Oksigen Terlarut dan Suhu

Kedalaman stasiun pengamatan berkisar antara 1,5-6 m. Nilai DO terlarut berkisar antara 0,25-14,6 mg/l.

Kandungan oksigen pada lapisan permukaan pada semua lokasi nilainya lebih besar 3 mg/l, konsentrasi tertinggi terdapat di stasiun muara Muncul dan tengah I (perairan yang bersih dari eceng gondok) yaitu 14-14,6 mg/L. Secara umum DO terlarut mempunyai kecenderungan berbanding lurus dengan kedalaman, semakin dalam perairan semakin rendah konsentrasinya (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik suhu (a) dan DO (b) berdasarkan kedalaman di Rawa Pening.

Figure 2. Graphic of temperature (a) and DO (b) by water depth at Rawa Pening.

Catatan/Notes of: Nilai suhu dan oksigen merupakan nilai rata rata dari empat kali (sampling/ Temperature and oxygen level is the average value of four times the sampling).

Perairan yang ada pemanenan eceng gondok, dekat KJA dan inlet Torong pada kedalaman kurang dari 2 m DO nya kurang dari 3 mg/l, bahkan di inlet Torong pada kedalaman 1 m sudah mendekati nol. Nilai DO pada permukaan perairan berkisar antara 3,93-14,6 mg/l, kedalaman 1 meter antara 0,4-11,8 mg/l, kedalaman 2 meter antara 0,3-8 mg/l, dan kedalaman 3 meter antara 0,25-4,4 mg/l.

Nilai suhu berkisar antara 25-31,5°C. Nilai tertinggi terdapat di stasiun muara Muncul, tengah I dan tengah II, yaitu 29-31,5°C. Nilai terendah 25-27,7 °C terdapat di stasiun Puteran. Suhu perairan semakin ke arah dasar perairan semakin rendah. Pada permukaan perairan, suhu berkisar antara 28,7-31,5°C, kedalaman 1 meter berkisar 28,5- 30,5°C, kedalaman 2 meter berkisar 26-30 °C, dan kedalaman 3 meter berkisar 25-29°C (Gambar 2).

#### Total Dissolved Solid (TDS) dan Total Suspended Solid (TSS)

Nlai TDS tertinggi di stasiun KJA berkisar antara 100-178 mg/l, di Puteran 109-132 mg/l, di muara sungai Torong 101-148 mg/L, di muara sungai muncul 108-131 mg/l, di lokasi tengah I 108-134 mg/L, tengah II 106-130 mg/l, di out let didekat sungai Tuntang 104-144 mg/l. TSS di perairan Rawa Pening berkisar antara 2-49 mg/l. TSS tertinggi pada lokasi muara Muncul yaitu 12-49 mg/l, sedangkan terendah pada lokasi out let yaitu 2-8 mg/l. Nilai TSS pada stasiun dekat inlet cenderung lebih tinggi bila dibandingkan stasiun lain. Pengamatan di KJA berkisar antara 5-12 mg/l. Stasiun Puteran berkisar 2-15 mg/l. Di muara sungai Torong berkisar 10-38 mg/l. Di tengah I, yaitu 10,13-10,7 mg/l dan lokasi tengah II berkisar antara 6-10 mg/l (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai kecerahan, TDS, TSS, kekeruhan, TP dan klorofil-a di Rawa Pening

Table 3. Value of tranparance, TDS, TSS, turbidity, TP and chlorophyll-a at Rawa Pening

Lokasi/Location	Kecерahan (cm)	TDS (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	TP (mg/l)	Klorofil (µg/l)
A. Tengah,Puteran	62 - 87	109 - 132	2 - 15	1,9-11,72	0,074-0,188	35,7-55. 9
B. Muara. S. Torong	64 - 100	101- 148	10- 38	2-14,8	0,060-0,080	22,6-46. 41
C. KJA	50 - 95	100 - 178	5 - 12	2,9-10,72	0,053-0,191	25-174
D. Pemotongan e. gondok (Tengah 1)	60 - 91	106 -130	6 - 10	3,5- 7,5	0,053-0,079	8,7-53,55
E. Out let Tuntang.	40 – 97,5	104 - 144	2 - 8	6,32-9,85	0,027-0,087	14,3-47,6
F. Muara. S. Muncul	50 - 81	108 - 131	12 - 49	1-5. 6	0,047-0,083	38,1-52,36
G. Tidak ada Pemotongan e. gondok (Tengah 2)	67 - 102	108 - 134	10,13 - 10,7	4,4-10,7	0,047-0,080	29,75-48,8

**Kecерahan dan Kekeruhan**

Tingkat kecerahan perairan Rawa Pening berkisar antara 40-102 cm. Kisaran tertinggi terdapat di stasiun muara torong dan tengah I, yaitu 64-100 cm dan 67-102 cm. Nilai terendah 50-95 cm di stasiun KJA dan muara sungai Muncul yaitu 50-81 cm. Kecерahan perairan di Puteran 62-87 cm, lokasi tengah II 60-91 cm, dan out let di tuntang 40-97,5 cm. Pada bulan Agustus dan Oktober kecerahan hanya berkisar antara 40- 82 mg/l dengan rata-rata 61 mg/l, di *inlet* sungai Muncul nilai kecerahan 50 mg/l. Kekeruhan (turbidity) di perairan Rawa Pening berkisar antara 1-14,8 mg/l. Tingkat kekeruhan tertinggi di muara Torong yaitu 14,8 mg/l, sedangkan terendah pada stasiun muara Muncul yaitu 1 mg/l. Pengamatan di KJA berkisar antara 2,9-10,72 mg/l. Di Puteran berkisar 1,9-11,72 mg/l. Di stasiun Tengah I, yaitu 4,4-10,7 mg/l dan Tengah II: 3,5-7,5 mg/l dan stasiun out let 6,32-9,85 mg/l (Tabel 3).

**Total Fosfor (TP)**

Total fosfor (TP) di perairan Rawa Pening berkisar antara 0,027-0,191 mg/l. TP tertinggi pada lokasi KJA yaitu 0,053-0,191 mg/l, sedangkan terendah pada lokasi *out let*

yaitu 0,027-0,087 mg/l. Lokasi pengamatan di Puteran berkisar antara 0,074-0,188 mg/l. Di muara sungai Torong berkisar 0,060-0,080 mg/l. Di muara Muncul 0,047-0,083 mg/l. Lokasi tengah I, yaitu 0,047-0,080 mg/l dan lokasi tengah II, yaitu 0,053-0,079 mg/l (Tabel 3).

**Klorofil**

Klorofil-a di perairan Rawa Pening berkisar antara 8,7-174 µg/l. Klorofil-a tertinggi pada lokasi KJA yaitu 25-174 µg/l, sedangkan terendah pada lokasi tengah II, yaitu 8,7-53,55 µg/l. Lokasi pengamatan di Puteran berkisar antara 35,7-55,9 µg/l. Di muara sungai Torong berkisar 22,6-46,41 µg/l. Di muara Muncul 38,1-52,36 µg/l. Lokasi tengah I, yaitu 29,75-48,8 µg/l dan di out let 14,3-47,6 µg/l.

**NILAI STATUS TROFIK (TSI)**

Nilai indeks status trofik perairan perairan Rawa Pening berdasarkan metode Carlson (1977) yang didasarkan pada hasil pengukuran kecerahan perairan, kandungan total fosfor dan kandungan klorofil-a. Nilai indeks status trofik (TSI) pada semua stasiun menunjukkan nilai antara 57,22–68,06 (Tabel 4).

Tabel 4. Indek Status Trofik perairan Rawa Pening

Table 4. Trophic State Index of Rawa Pening Reservoir

Lokasi/Location	Klorofil-a (µg/L)	TP (µg/L)	S. Disk (m)	TSI Chlor-a	TSI TP	TSI S. Disk	Rataan/Average TSI
A. Tengah,Puteran	38,38	65,09	0,74	63,88	62,48	64,49	63,62
B. Muara. S. Torong Inlet Torong	25,78	46,85	0,80	54,80	53,32	63,53	57,22
C. KJA	59,88	84,18	0,73	66,68	65,29	64,69	67,43
D. Pemotongan e. gondok (Tengah 1)	27,85	52,77	0,75	61,64	60,19	63,99	61,57
E. Out let Tuntang.	31,12	54,88	0,70	60,72	59,31	66,01	62,96
F. Muara. S. Muncul	30,15	75,72	0,60	67,88	66,44	67,67	67,96
G. Tidak ada pemotongan eceng gondok (Tengah 2)	38,97	68,34	0,66	66,38	64,93	66,18	68,06

## Bahasan

### Oksigen Terlarut

Sumber oksigen di perairan berasal dari hasil proses *fotosintesa* tumbuhan air terutama oleh fitoplankton, juga dari difusi oksigen dari atmosfer (Effendi, 2000). Konsentrasi oksigen perairan Rawa Pening berkisar dari 0,25-14,6 mg/l, dipengaruhi oleh lokasi dan kedalaman perairan. Semakin ke arah dasar perairan kandungan oksigen semakin menurun, terutama di lokasi sekitar KJA, tempat pemanenan eceng gondok dan *inlet* Sungai Torong (Gambar 2). Hal tersebut disebabkan semakin ke arah dasar difusi udara dan aktivitas fotosintesa semakin mengecil, dan reduksi oksigen karena dekomposisi bahan organik didasar perairan semakin besar (Odum, 1971). Oksigen di perairan sangat penting bagi ikan untuk pernafasan, Kandungan oksigen terendah pada lapisan permukaan perairan Rawa Pening (4 mg/L) masih dapat mendukung kelayakan hidup ikan (Moyle & Cech, 2004). Namun semakin ke dasar perairan semakin menurun hingga menjadi 0,25 mg/L, akan membahayakan ikan bila terjadi perputaran air dari bawah ke atas (*up-welling*) (Aida & Utomo, 2012).

Sisa panen eceng gondok yang dibuang ke perairan dan sisa pakan serta kotoran ikan dari KJA yang lolos ke perairan, akan membusuk mengendap didasar perairan menyebabkan kandungan oksigen pada lapisan dasar perairan rendah. Kandungan oksigen di *inlet* sungai Torong rendah disebabkan karena banyaknya pencemaran dari hulu sungai. Pada awal musim penghujan (Nopember – Desember), di Rawa Pening sering terjadi kematian ikan terutama ikan dalam KJA. Hal tersebut disebabkan terjadi *up-welling* yaitu perputaran air dari bawah ke atas dan dari atas ke bawah. Air hujan yang suhunya rendah dan berat jenisnya besar akan turun ke bawah, dan lapisan air bawah yang kadar oksigennya rendah akan naik ke atas akan menyebabkan kematian ikan (Poernomo & Utomo, 2013). Kandungan oksigen kurang dari 3 mg/L menyebabkan pertumbuhan ikan terganggu, sedangkan bila kurang dari 2 mg/l dapat menyebabkan kematian bagi ikan (Boyd, 1988; UNESCO/WHO/UNEP, 1992). Untuk mengurangi kematian ikan secara masal pada KJA karena *up-welling* dapat dilakukan dengan cara menyediakan kincir angin di lokasi KJA, pergerakan air karena kincir angin akan menambah kadar oksigen dalam air. Penempatan KJA sebaiknya tidak di teluk karena sirkulasi air tidak lancar. Sebaiknya KJA ditempatkan di tengah waduk pada bagian yang dalam minimal kedalaman 11 m, agar supaya jarak antara dasar perairan dan KJA lebih jauh (Utomo, 2015).

Kandungan oksigen terendah pada lapisan permukaan di perairan Rawa Pening pada penelitian sebelumnya yaitu 6,4 mg/L (Soeprbowati *et al.*, 2010; Silalahi, 2010). Kandungan oksigen saat sekarang lebih rendah disebabkan karena semakin banyak pencemaran seperti sisa panen eceng gondok yang dibuang ke perairan, sisa

pakan dan kotoran ikan dari KJA yang lolos ke perairan semakin banyak akan menyebabkan kandungan oksigen perairan rendah. Disamping itu limbah dari hulu sungai menuju Rawa Pening semakin banyak juga menyebabkan kandungan oksigen rendah (Utomo, 2014). Danau Limboto yang mempunyai masalah perairan seperti Rawa Pening konsentrasi oksigen permukaan berkisar antara 5,1 – 6,63 mg/L (Suryono *et al.*, 2010). Kandungan oksigen permukaan di perairan tergenang seperti danau/waduk pada umumnya masih baik namun makin kearah dasar perairan makin menurun, sangat tergantung kandungan bahan organik di dasar perairan (Barus, 2002., Mackereth, *et al* 1989). Kadar oksigen di perairan Rawa Pening pada lapisan bawah lebih rendah jika dibanding perairan tergenang lainnya seperti waduk Gajah Mungkur dan Kedung Ombo. Kadar oksigen pada kedalaman 3m di perairan waduk Gajah Mungkur adalah 4-7,8 mg/L (Utomo, 2013), waduk Kedung Ombo 2,4-6,8 mg/L (Aida & Utomo, 2012). Sedangkan kadar oksigen perairan Rawa Pening pada lapisan kedalaman yang sama hanya 0,25 – 4,4 mg/L.

Menurut Utomo (2014), pemanenan eceng gondok di Rawa Pening yang tidak ramah lingkungan yaitu membuang bagian dari eceng gondok yang tidak dipanen (daun, akar, batang) ke perairan yang jumlahnya mencapai 24 ton/hari, akan menyebabkan kandungan oksigen menurun. Sisa eceng gondok tersebut akan membusuk mengendap di dasar perairan, menyebabkan perairan lapisan bawah kurang oksigen. Selanjutnya menurut Purnomo *et al.* (2013) kandungan bahan organik di dasar perairan Rawa Pening sangat tinggi yaitu 61,99 % - 74,82%, akan menyebabkan kandungan oksigen di dasar perairan rendah dan proses nitrifikasi berjalan lambat. Rendahnya oksigen di dasar perairan menyebabkan dekomposisi bahan organik di dasar perairan berjalan lambat, pH rendah dan terbentuk zat-zat beracun ( $H_2S$ ,  $NH_3$ ) yang membahayakan kehidupan ikan (Utomo *et al.*, 2011).

### Suhu

Suhu perairan dapat mempengaruhi metabolisme dan respirasi ikan, peningkatan suhu hingga di atas 30°C menyebabkan konsumsi oksigen meningkat terutama ikan pada KJA yang terkurung, karena peningkatan konsumsi oksigen oleh ikan tidak diimbangi dengan ketersediaan oksigen di perairan (Haslam, 1995). Suhu yang optimum bagi budidaya ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan kebanyakan ikan air tawar daerah tropis yaitu antara 28-30°C (Schmittou, 1991), dengan demikian kondisi suhu permukaan perairan Rawa Pening masih berada dalam kondisi menunjang dalam kehidupan ikan. Kecenderungan semakin ke arah dasar maka suhu semakin menurun (Gambar 2). Suhu sangat dipengaruhi oleh perubahan musim, wilayah, ketinggian tempat, kedalaman air, waktu pengukuran (Effendi, 2000).

Peristiwa *up welling* dapat terjadi apabila ada hujan lebat yang menyebabkan suhu permukaan lebih rendah dari bagian bawah perairan, selanjutnya lapisan perairan bagian atas turun ke bawah dan bagian bawah naik ke atas. Bahan organik di dasar perairan yang banyak gas beracun seperti  $H_2S$ ,  $NH_3$  dan  $CO_2$ , terangkat ke permukaan sehingga dapat menyebabkan kematian ikan (Utomo, 2013). Pemasangan alat pengukur suhu (buoy Pluto) di sekitar KJA dapat digunakan sebagai peringatan bagi pembudidaya ikan bila terjadi penurunan suhu perairan yang mendadak (Utomo, 2015).

Bila suhu, cahaya dan nutrisi dalam kondisi yang optimum maka plankton akan tumbuh dengan pesat (Vithanage, 2009). Perubahan suhu yang ekstrim dan mendadak akan menyebabkan stres bagi organisme air terutama ikan bahkan dapat menyebabkan kematian. Populasi beberapa jenis ikan di Rawa Pening terutama ikan Wader Ijo (*Osteochilus vittatus*) sangat berkurang salah satu penyebabnya adalah perubahan suhu perairan dari 23-24 °C menjadi 25-31,5 °C (Bayurini, 2006). Suhu yang cocok untuk kehidupan ikan *Osteochilus vittatus* yaitu 22-26 °C (Vidthayanon *et al.*, 2005; Baensch & Riehl, 1991).

#### **Total Dissolved Solid (TDS) dan Total Suspended Solid (TSS).**

TDS dapat bersumber dari antropogenik yaitu pencemaran bahan organik, berupa limbah rumah tangga atau dari KJA. TSS adalah bahan-bahan tersuspensi, terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Nilai TSS dan TDS sangat ditentukan oleh sedimen dan limbah yang masuk perairan melalui aliran air dan limpasan air hujan, sehingga TSS dan TDS cenderung lebih tinggi saat musim penghujan dari pada saat musim kemarau (Effendi, 2000). Nilai TSS pada stasiun dekat inlet cenderung lebih tinggi bila dibandingkan stasiun lain, hal tersebut merupakan indikasi bahwa daerah inlet banyak membawa materi hasil erosi dari daerah hulu. Menurut Hidayah *et al.* (2012) menyatakan bahwa nilai TSS rata-rata di Rawa Pening adalah 20 mg/L, sedangkan pada saat penelitian tahun 2013 di beberapa lokasi ada kenaikan terutama di inlet Torong dan Muncul mencapai 38-49 mg/L hal tersebut disebabkan karena pencemaran dan sedimentasi dari hulu sungai semakin banyak.

Menurut Nurandani (2013) laju erosi dari sub-sub DAS yang menjadi inlet danau Rawa Pening mencapai 1693 ton/tahun. Hasil erosi tersebut menyebabkan peningkatan nilai konsentrasi TSS, TDS dan kekeruhan. Perairan yang memiliki sedimentasi tinggi dapat membahayakan kehidupan ikan di lingkungan perairan. TSS dapat menyebabkan kekeruhan air dengan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke dalam air, sehingga dapat mengganggu fotosintesis dan menurunkan produktivitas sumberdaya ikan (Dahuri *et*

*al.*, 2001 dalam Hidayah *et al.*, 2012). Nilai TSS cenderung lebih tinggi pada lapisan dasar dari pada lapisan permukaan, karena partikel dari bahan anorganik maupun organik akan mengendap di dasar perairan. Nilai ambang batas bagi TSS di perairan tawar adalah 50 mg/L, TSS yang tinggi dapat menaikkan suhu perairan dan mengurangi kadar oksigen, selanjutnya akan membahayakan kehidupan ikan (Utomo *et al.*, 2013).

Menurut Purba (2009) material tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena dapat menyebabkan menurunkan kejernihan air dan dapat mempengaruhi kemampuan ikan untuk melihat dan menangkap makanan serta menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air. Endapan tersuspensi dapat juga menyumbat insang ikan, mencegah telur berkembang. Ketika suspended solid tenang di dasar badan air, dapat menyembunyikan telur ikan dan terjadi pendangkalan pada badan air sehingga memerlukan pengerukan yang memerlukan biaya operasional tinggi.

#### **Kecerahan dan Kekeruhan**

Kecerahan pada seluruh stasiun nilainya rendah, tertinggi hanya 102 cm. Hal tersebut menunjukkan bahwa perairan Rawa Pening banyak terdapat materi sedimen yang larut dalam air. Menurut Novotny & Olem (1994) perairan yang kecerahannya kurang dari 2 m merupakan perairan yang eutrofik. Nilai kecerahan perairan Rawa Pening terendah ada di *inlet* dan *outlet*. Menurut Trisakti *et al.* (2014) kecerahan perairan Rawa Pening tahun 2000 berkisar dari 100-300 cm, setelah tiga tahun kecerahan semakin berkurang disebabkan semakin bertambahnya tingkat pencemaran dan sedimentasi yang menghambat sinar matahari masuk ke perairan. Kekeruhan merupakan kebalikan dari kecerahan, diartikan sebagai intensitas kegelapan di dalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan perairan umumnya disebabkan oleh adanya partikel-partikel suspensi seperti tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik terlarut, bakteri, plankton dan organisme lainnya (Pujiastuti *et al.*, 2013; Hajiali & Pirumyan, 2014). Kekeruhan di Rawa Pening berkisar antara 1-14,8 NTU, tidak jauh berbeda dengan penelitian Hidayah, *et al.* (2012) yaitu 1-3-12,4 NTU. Kekeruhan tertinggi pada inlet dan outlet, karena inlet sungai banyak membawa sedimen dari hulu sungai sehingga perairan menjadi keruh, sedangkan kekeruhan di outlet karena materi sedimen yang terakumulasi akan terbuang ke sungai Tuntang.

Menurut Utomo *et al.*, (2013) nilai kekeruhan di waduk paling tinggi ada di *inlet* dan tepian waduk, karena banyaknya partikel anorganik dari hasil erosi dari hulu sungai dan dari daratan tepi waduk. Kekeruhan yang tinggi dapat menyebabkan terganggunya sistem osmoregulasi seperti pernafasan dan daya lihat organisme akuatik termasuk ikan, serta dapat menghambat penetrasi cahaya



ke dalam air. Peningkatan kekeruhan 5 NTU di perairan tergenang dapat mengurangi produktivitas primer sebanyak 75 % (Effendi, 2000). Ikan Nilem (*Osteochilus vittatus*) di Rawa Pening populasinya semakin menurun, salah satu penyebabnya yaitu ikan tersebut hidup baik di perairan yang jernih, namun kondisi sekarang perairannya sudah keruh (Rochmatin *et al.*, 2014; Utomo, 2014).

### Total Fosfor (TP) Dan Klorofil-a

Konsentrasi total phosphor di perairan Rawa Pening berkisar antara 27-191,8 µg/l dengan nilai rata rata adalah 61,2 µg/l. Menurut Novotny & Olem (1994), perairan oligotrofik, bila kandungan total phosphor < 10 µg/l, mesotrofik, bila kandungan phosphor total antara 10-35 µg/l, eutrofik bila kandungan phosphor antara 35-100 µg/L, hipertrofik bila kandungan phosphor total > 100 µg/l. Selanjutnya Zulvia & Aisyah, (2013) melaporkan bahwa perairan Rawa Pening termasuk perairan yang tingkat kesuburannya sedang (mesotrofik), hal ini disebabkan karena parameter yang diambil adalah fosfat (PO<sub>4</sub>). Untuk mengukur tingkat kesuburan perairan, apalagi perairan yang bahan organikya tinggi sebaiknya menggunakan total fosfor (TP).

Fosfor merupakan salah satu penyebab pengkayaan unsur hara di perairan. Sumber fosfor secara alami sangat sedikit, sehingga fosfor merupakan faktor pembatas bagi kesuburan perairan. Konsentrasi fosfor yang tinggi di perairan merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik. Konsentrasi fosfor berasal dari limpasan air yang masuk ke waduk mengandung fosfor dari pertanian, peternakan/perikanan dan dari limbah rumah tangga (Vithanage, 2009). Keberadaan fosfor yang tinggi di perairan dapat menstimulir pertumbuhan fitoplankton dan tanaman air lainnya seperti eceng gondok, selanjutnya dapat menghambat penetrasi sinar matahari masuk ke perairan sehingga tidak menguntungkan bagi perikanan (Utomo *et al.*, 2011).

Klorofil merupakan zat hijau daun yang sangat berperan dalam proses fotosintesis, di perairan yang mempunyai klorofil adalah fitoplankton. Banyaknya nilai klorofil bergantung pada banyaknya fitoplankton di perairan, dan banyaknya fitoplankton sangat ditentukan oleh kandungan nutrisi di perairan terutama fosfor. Menurut Novotny & Olem (1994), perairan oligotrofik bila kandungan klorofil < 4 µg/L, mesotrofik bila kandungan klorofil antara 4-10 µg/L, eutrofik bila kandungan klorofil > 10 µg/L. Kandungan klorofil, secara umum perairan Rawa Pening sudah masuk kategori perairan eutrofik (kesuburan tinggi). Hal ini dikarenakan jumlah fitoplankton sudah cukup tinggi yang disebabkan karena adanya pengkayaan unsur hara (*eutrofikasi*) terutama unsur fosfor di perairan (Utomo *et al.*, 2010). Perairan yang eutrofik berpotensi untuk

berkembang algae biru *Mycrocystis* sp. jenis algae ini merupakan plankton yang beracun. Jenis racun *Microcystine* yang ada pada plankton tersebut bila termakan oleh ikan atau binatang lainnya maka akan menimbulkan kelumpuhan syaraf. Jenis plankton tersebut tidak dapat dimanfaatkan oleh ikan, bahkan merugikan perikanan (Lindon & Heickary, 2009 dalam Utomo *et al.*, 2011).

### Nilai Status Trofik (TSI)

Nilai indeks status trofik perairan Perairan Rawa Pening berdasarkan metode Carlson (1977) yang didasarkan pada hasil pengukuran kecerahan perairan, kandungan total fosfor dan kandungan klorofil-a dapat dilihat dalam Tabel 4. Nilai indeks status trofik (TSI) pada semua stasiun menunjukkan nilai antara 57,22 – 68,06, maka Perairan Rawa Pening sudah termasuk dalam kategori mempunyai tingkat kesuburan eutrofik (tingkat kesuburan tinggi). Tingkat kesuburan yang tinggi disebabkan bahan organik yang berasal dari limbah rumah tangga, pertanian, perikanan dan sisa panen eceng gondok yang dibuang ke perairan.

Tingkat kesuburan yang tinggi di Rawa Pening menyebabkan berkembangnya eceng gondok yang telah menutup luas perairan hingga 70 % (Balitbang Prov. Jateng. 2004). Gulma air tersebut berdampak terhadap pendangkalan, pengurangan volume dan luasan perairan yang menyebabkan daya dukung perairan untuk perikanan semakin berkurang. Sisa pemanenan eceng gondok berupa akar dan batang yang dibuang ke perairan (24 ton/hari) juga menyebabkan pendangkalan dan penurunan kualitas air, masalah tersebut berdampak terhadap pertumbuhan ikan menjadi lambat dan kurus. (Aida, 2015; Utomo *et al.*, 2014; Puspaningdiah *et al.*, 2014).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Nilai kesuburan perairan di semua stasiun pengamatan di Rawa Pening sudah pada tingkat kesuburan yang tinggi (TSI antara 57,22 – 68,06), kecerahan sangat rendah tertinggi hanya 102 Cm, total fosfor rata rata sudah tinggi yaitu 61,2 µg/l menunjukan perairan sudah eutrofik sehingga eceng gondok berkembang sangat pesat dan sulit dikendalikan. Ada kenaikan nilai TSS terutama di inlet Torong dan Muncul yaitu pada tahun 2012 sebesar 20 mg/L dan tahun 2013 menjadi 38 – 49 mg/L. Kandungan oksigen pada kedalaman 2 m di beberapa lokasi (inlet Torong, KJA, pemanenan eceng gondok) rendah yaitu 0,3 – 2,4 mg/L. Kondisi kualitas air yang kurang baik tersebut akan menghambat pertumbuhan ikan, sering terjadi kematian ikan bila terjadi *upwelling*, mengganggu pernafasan ikan karena insang ikan tersumbat oleh sedimensita, menurunnya populasi ikan Wader Ijo (*Osteochilus vittatus*) dan daya dukung perairan untuk perikanan semakin berkurang.



## Saran

1. Harus dilakukan pengerukan bahan organik yang mengendap di dasar perairan selanjutnya digunakan untuk pupuk organik. Agar kandungan oksigen di dasar perairan tidak terlampau rendah
2. Sisa panen eceng gondok yang jumlahnya mencapai 24 ton/hari harus dibuang ke luar perairan, untuk mengurangi eutrofikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aida, S.N., & Utomo, A.D. (2012). Tingkat kesuburan perairan Waduk Kedung Ombo. *BAWAL. Jurnal Widya Riset Perikanan Tangkap* Jakarta. 4(1), 59-66.
- Aida, S.N. (2015). Biological aspects and growth pattern of bonylip barb (*Osteochilus vittatus*) In Rawa Pening Reservoir. Proceeding. International Symposium on Marine and Fisheries Research (p. 17-29). Yogyakarta. ISMFR\_UGM: II (AQ-03).
- APHA, (1986). *Standard methods for the examinations of water and wastewater* (p. 986). APHA inc, Washington DC.
- Balitbang Prov. Jateng. (2004). *Studi optimalisasi potensi di kawasan Rawa Pening* (p. 15). Bekerjasama dengan Fakultas Teknik, UNDIP Semarang.
- Baensch, H. A., & Riehl, R. (1991). *Aquarien atlas* (p. 1104). Bd. 3. Melle: Mergus, verlag für Natur-und Heimtierkunde, Germany.
- Barus, T.A. (2002). *Pengantar Limnology* (p. 164). Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Jakarta.
- Boyd, C. E. (1988). *Water quality in warm water fish ponds* (p. 359). Fourth printing. Auburn University Agriculture Experiment Station. Alabama. USA.
- Bayurini, D. H. (2006). *Hubungan antara produktivitas primer fitoplankton dengan distribusi ikan diekosistem perairan Rawa Pening Kabupaten Semarang* (p. 95). Skripsi. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Semarang.
- Rochmatin, S. Y., Solichin, A., & Saputra, S. W. (2014). Aspek pertumbuhan dan reproduksi ikan nilam (*Osteochilus hasselti*) di perairan Rawa Pening Kecamatan Tuntang Kabupaten Semarang. Diponegoro. *Journal of Maquares Management of Aquatic Resource*. 3(3), 153-159.
- Dinas Peternakan dan Perikanan Kab. Semarang, (2007). *Data Statistik Perikanan Kabupaten Semarang* (p. 47). Semarang.
- Effendi, H. (2000). *Telaahan Kualitas Air* (p. 259). Jurusan MSP Fak. Perikanan dan Kelautan IPB Bogor.
- Goldman, C.R., & Horne, A. J. (1983). *Limnology* (p. 464). Mc. Graw Hill International Book Company.
- Haslam, S. M. (1995). *River pollution and ecological perspective* (p. 253). John Wiley and Sons. Chichester, UK.
- Hajiali, P., & Pirumyan, G.P. (2014). Evaluation of turbidity and color removal in treatment of wastewater containing resistant pollutants with ozonation. *International Journal of Environment Systems Science and Engineering*. Elsevier. 9, 8-12.
- Henderson, S., & Markland, H. R. (1987). *Decaying Lakes* (p. 254). John Wiley and Sons Ltd. Chichester.
- Hidayah, A. M., Purwanto & Soeprbowati, T. R. (2012). Kandungan Logam Berat Pada Air, Sedimen dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn) (p. 95-101). Di Karamba Danau Rawa Pening. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Semarang.
- Irianto, E.W., & Triweko. (2011). *Eutrofikasi waduk dan danau, permasalahan, persoalan, dan upaya pengelolaan* (p. 90). Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air. Jakarta.
- Mackereth, F.J.H., Heron, J., & Talling, J. F. (1989). *Water analysis freshwater biological association* (p. 120). Cumbria, UK.
- Moyle, P. B., & Cech, J. J. (2004). *Fishes, an introduction to ichthyology* (p. 726). Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Novotny, V., & Olem, H. (1994). *Water Quality* (p. 1054), prevention, identification, and management of diffuse pollution. Van Nostrans Reinhold. New York.
- Nurandani, P. (2014). Pengolahan data penginderaan jauh untuk pemetaan TSS di danau Rawa Pening Jawa Tengah (p. 722-731). Prosiding Semnaskan Pengederaan Jauh.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology* (p. 486). Third Edition Saunders College Publishing. Rinehart and Winston.
- Poernomo, A., & Utomo, A.D. (2013). Arah dan Kebijakan Pengembangan Perikanan di Danau Rawa Pening (p. 11). Makalah Utama "Workshop Penyelamatan Ekosistem Danau Rawa Pening" di Semarang tanggal 13 Juni 2013.
- Prasad, A. G D., & Siddraju. (2012). Carlson's trophic state index for the assessment of trophic status of two Lakes in Mandya distric. *International Journal of Advances in Applied Science Research*. Pelagia Research Library. Coden, USA. 3 (5), 2991-2996.
- Pumomo, P. W., Soedarsono, P., & Putri, M. N. (2013). Profil vertical bahan organik dasar perairan dengan latar belakang pemanfaatan berbeda di Rawa Pening. *Journal of*

- Management of Aquatic Resources*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNDIP-Semarang. 2(3), 27-36.
- Pujiastuti, P., Ismail, B., & Pranoto. (2014). Kualitas dan beban pencemaran waduk Gajah Mungkur Jawa Tengah. *Jurnal Ekosains*. 5(1), 59-75.
- Purba, M. E. K. (2009). *Analisa kadar total* (p. 45). Suspended Solid (TSS), Amoniak (NH<sub>3</sub>), Sianida(CN), dan Sulfida (S<sup>2-</sup>) Pada limbah cair BAPEDALDASU. *Skripsi*. Dep. Kimia. Fakultas MIPA. USU.
- Puspaningdiah, M., Solichin, A., & Ghofar, A. (2014). Aspek biologi ikan Gabus (*Ophiocephalus striatus*) di perairan Rawa Pening Kabupaten Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares Management of aquatic resources*. 3(3), 75-82.
- Reni, A.R. (2013). Status Trofik Danau Rawa Pening dan Komposisi Ikan yang ada di dalamnya (p. 65). *Skripsi*. Program Studi Pendidikan. Universitas PGRI Semarang.
- Rochmatin, S. Y., Solichin, A., & Saputra, S. W. (2014). Aspek pertumbuhan dan reproduksi ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*) di perairan Rawa Pening Kecamatan Tuntang Kabupaten Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares Management of Aquatic Resource*. 3(3), 153-159.
- Schmittou, H. R. (1991). *Budidaya keramba* (p. 126). Suatu Metode Produksi Ikan di Indonesia. Puslitbang Perikanan dan Auburn University. Jakarta.
- Silalahi, J. (2010). Analisis kualitas air dan hubungannya dengan keanekaragaman vegetasi akuatik di perairan Balige Danau Toba (p. 100). *Thesis*. Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sunarminto. (1980). Beberapa sifat gambut di Rawa Pening (p. 120). Tesis. Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Soeprbowati, T. R., Tandjung, S. D., Sutikno, Hadisusanto, S., & Gell, P. (2010). Stratigrafi diatom Danau Rawa ening: Kajian paleolimnologi sebagai landasan pengelolaan danau (p. 102-115). *Prosd. Seminar Nasional Limnologi V*.
- Soeprbowati, T. R., & Suedy, S. W. A. (2010). Status trofik danau Rawa Pening dan solusi pengelolaannya. *Jurnal Sains & Matematika*. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Diponegoro Semarang. 18(4), 158-169.
- Suryono, T., Sunannisari, S., Mulayana, E., & Rosidah. (2010). Tingkat kesuburan dan pencemaran danau Limboto, Gorontalo. Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. Bogor. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 36(1), 49-61.
- Trisakti, B., Suwargana, N., & Cahyono, J. S. (2014). Pemanfaatan data pengendaraan jauh untuk memantau parameter ekosistem danau Rawa Pening (p. 393- 402). *Prosiding Semnaskan Pengedaraan Jauh*.
- UNESCO/WHO/UNEP. 1992. Water quality assesments (p. 585). Edited by Chapman, D. Chapman and Hall Ltd., London.
- Utomo, AD., Ridho, M. R., Putranto, D. D. A., & Edward Saleh. (2010). The water quality assessment at gajah mungkur reservoir (p. 123- 133). *Proceeding International Conference on Indonesian Inland Waters II*. Research Institute for Inland Fisheries.
- Utomo, A.D., Ridho, M. R., Putranto, D. D. A., & Saleh, E. (2011). Keanekaragaman Plankton dan Tingkat Kesuburan Perairan di Waduk Gajah Mungkur. *BAWAL. Jurnal Widya Riset Perikanan Tangkap*. Jakarta. 3(6), 415-422.
- Utomo, A.D. (2013). Penentuan Daya Dukung Perairan Untuk Budidaya Ikan pada Keramba Jaring Apung di Waduk Gajah Mungkur (p. 166). *Disertasi*. Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Palembang.
- Utomo, A.D., Ridho, M.R., Putranto, D.D.A., & Edward Saleh. (2013). Saedimentation rate in gajah mungkur reservoir, Central Java Indonesia. *International Journal of Development Research*. India. 3(04), 001-004.
- Utomo, A.D., Aida, S.N., Hidayah, T., Ali, M., Hamalia, E.D. (2014). Biologi dan dinamika populasi beberapa jenis ikan di Rawa Pening Jawa Tengah (p. 124). *Laporan Teknis*. Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum Palembang.
- Utomo, A. D. (2014). Pengaruh cara pemanenan eceng gondok yang tidak ramah lingkungan terhadap kualitas air di Rawa Pening. *Prosiding Semnaskan UGM XI*. Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan. Jogyakarta. MA, (13), 55-62.
- Utomo, A.D., & Aida, S. N. (2015). Daya Dukung Perairan Untuk Budidaya Ikan pada Keramba Jaring Apung di Waduk Kedung Ombo Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan XII*. Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan. Jogyakarta. pMS (04), 357-365.
- Vithanage, I. C. B. (2009). Analisis of Nutrien Dynamics in Roxo Catchment Using Remote Sensing Data and Numerical Modeling (p. 103). *Disertasi*. International for Geo-Information Science and Earth Observation Enscede, the Netherlands.
- Vidthayanon, C., Termvidchakorn, A., & Pe, M. (2005). *Inland fishes of Myanmar* (p. 160). Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Zulvia, N., & Aisyah, (2013). Status trofik perairan Rawa Pening ditinjau dari kandungan unsur hara NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> dan Chlorofil-a. *BAWAL, Widya Riset Perikanan Tangkap*. Jakarta. 5(3), 189-199.